

УДК 674.815-41:630

В.В.Глухих, С.А.Орлов, С.В.Елсукова
(Уральский лесотехнический институт)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОТОКСИЧНЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Опытно-промышленные и промышленные исследования, проведенные на ряде предприятий Минлесбумпрома СССР, показали возможность промышленного производства малотоксичных древесностружечных плит (ДСтП) класса Е-2 с применением реагента ОХА, выпускаемого по ТУ 6-05-02-33-86. Эти предприятия имеют существенные различия не только в оборудовании, но и в технологических режимах, поэтому необходимо было обеспечить их научными рекомендациями по управлению технологическим процессом с использованием реагента ОХА.

В данной работе по поиску оптимальных условий получения малотоксичных ДСтП с реагентом ОХА определялись математические зависимости, связывающие технологические факторы с выделением формальдегида из плит и другими свойствами.

При исследовании изменялись пять факторов, которые, согласно литературным данным, оказывают существенное влияние на токсичность ДСтП [1].

Для удобства расчетов и описания использовались следующие обозначения:

- X - кодированное значение параметра;
- Z - значение параметра натуральное;
- Y_1 - выделение формальдегида из ДСтП на вторые сутки; мг/100 г абс.сухой плиты;
- Y_2 - линейное разбухание, %;
- Y_3 - предел прочности при статическом изгибе, МПа;
- Y_4 - предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа;
- Z_1 - расход реагента ОХА, мас.% от смолы (по сухим веществам);

- Z_2 - расход карбамида, мас.% от смолы (по сухим веществам);
- Z_3 - количество замешающего шелока, мас.% от смолы (по сухим веществам);
- Z_4 - расход смолы КФ-МТ, мас.% от стружки (по сухим веществам);
- Z_5 - температура плит пресса, °С.

Пределы изменения этих факторов были выбраны по литературным данным и результатам наших предыдущих исследований и приведены в табл.1.

Таблица 1

Пределы изменения факторов

Уровни факторов	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Основной уровень	6	12,5	10	10	170
Верхний уровень	9	15	15	13	200
Нижний уровень	3	10	5	7	140

Уравнение регрессии было выбрано в виде квадратичного полинома:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{15}x_1x_5 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{25}x_2x_5 + b_{34}x_3x_4 + b_{35}x_3x_5 + b_{45}x_4x_5 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{55}x_5^2.$$

Для проведения экспериментов с целью определения коэффициентов данного уравнения регрессии был выбран [2] план Бокса-Уилсона типа 2^{5-1} . Все плиты изготавливались по методике, описанной в работе [3]. Расход и состав связующего менялись в соответствии с матрицей планирования эксперимента (табл.2). Для определения выделения формальдегида из плит был использован метод WK1 (60°C, 4 ч) [4] как наиболее практичный и экспрессный. Каждый опыт повторялся два раза.

На основании результатов 5-факторного эксперимента рассчитали коэффициенты уравнения регрессии при доверительной

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Технологические факторы (кодированные значения)					Среднеарифметические значения свойств				
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	-1	-1	-1	-1	-1	22,78	37,22	16,19	0,23	
2	+1	-1	-1	-1	-1	29,77	34,39	16,04	0,40	
3	-1	+1	-1	-1	-1	19,75	39,32	14,82	0,40	
4	+1	+1	-1	-1	-1	13,49	37,51	17,17	0,36	
5	-1	-1	+1	-1	-1	38,77	33,76	18,60	0,36	
6	+1	-1	+1	-1	+1	16,94	49,38	16,02	0,32	
7	-1	+1	+1	-1	-1	25,56	54,77	14,07	0,26	
8	+1	+1	+1	-1	-1	30,6	59,52	13,26	0,17	
9	-1	-1	-1	+1	-1	30,57	14,2	15,18	0,48	
10	+1	-1	-1	+1	+1	20,41	34,56	18,20	0,17	
11	-1	+1	-1	+1	+1	17,05	28,3	20,29	0,40	
12	+1	+1	-1	+1	-1	30,6	20,5	17,49	0,27	
13	-1	-1	+1	+1	+1	14,4	24,63	19,10	0,29	

Окончание табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	+1	-1	+1	+1	+1	24,24	11,47	10,79	0,32
15	-1	+1	+1	+1	-1	13,61	23,85	13,96	0,24
16	+1	+1	+1	+1	+1	10,25	37,37	21,20	0,18
17	+1,71	0	0	0	0	20,57	32,65	14,71	0,28
18	-1,71	0	0	0	0	14,98	28,0	17,01	0,40
19	0	+1,71	0	0	0	17,19	41,3	14,61	0,40
20	0	-1,71	0	0	0	22,7	20,66	19,00	0,35
21	0	0	+1,71	0	0	14,92	31,28	17,92	0,30
22	0	0	-1,71	0	0	12,76	22,12	12,82	0,38
23	0	0	0	+1,71	0	28,91	9,39	20,73	0,38
24	0	0	0	-1,71	0	25,45	24,1	23,34	0,40
25	0	0	0	0	+1,71	10,84	40,0	16,29	0,35
26	0	0	0	0	-1,71	37,46	21,12	13,84	0,32
27	0	0	0	0	0	27,48	33,21	18,48	0,39
28	0	0	0	0	0	24,57	32,92	18,08	0,40
29	0	0	0	0	0	20,41	32,68	16,99	0,40
30	0	0	0	0	0	26,76	32,21	19,11	0,40

вероятности 0,95 [2]. За дисперсии воспроизводимости функций отклика были приняты дисперсии опытов в центре плана.

После проверки уравнений регрессии на адекватность и значимость их коэффициентов они принимали вид:

$$Y_1 = 27,4 - 10,1X_5 + 4,1X_1X_5 - 3,4X_3X_4 + 6,3X_4X_5 + 2,7X_3^2,$$

$$Y_2 = 28,4 + 1,7X_1 + 4,4X_2 + 3X_3 - 8,1X_4 - 3,9X_5 - 0,7X_1X_2 + 3,9X_1X_3 - 0,2X_1X_4 + 11,4X_1X_5 + 6,3X_2X_3 - 0,7X_2X_4 - 4,5X_2X_5 - 3,1X_3X_4 - 1,6X_3X_5 + 14,2X_4X_5 + 1,8X_1^2 + 2,1X_2^2 + 0,6X_3^2 - 2,7X_4^2 + 1,9X_5^2,$$

$$Y_3 = 23,8 - 2,7X_1 - 0,6X_3 + 0,7X_4 - 1,6X_5 + 0,8X_1X_2 + 4,2X_1X_5 + 1,1X_2X_4 + 5,1X_4X_5 - 3,5X_1^2 - 1,7X_2^2 + 2,1X_4^2.$$

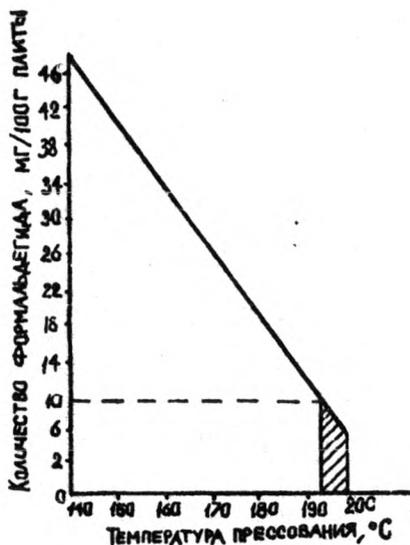
Для функций отклика Y_4 уравнение неадекватно.

Анализ полученного уравнения регрессии для выделения формальдегида (Y_1) показал, что при этом могут быть получены плиты с токсичностью до 10 мг/100 г плиты. Параметр X_2 , не входящий в уравнение для Y_1 , взяли на нижнем уровне, исходя из высокой стоимости карбамида. Наибольшее влияние на снижение токсичности плит оказывает увеличение температуры плит пресса (рисунок).

Для получения малотоксичных ДСтП класса Е 1 (выделение формальдегида менее 10 мг/100 г плиты) со смолой КФ-МТ и реагентом ОХА необходимо устанавливать температуру плит пресса не менее 194°C.

Однако полученное расчетное значение Y_3 - предела прочности при изгибе - оказалось на 14...16% ниже того же значения контрольных плит, изготовленных при следующих условиях:

температура плит пресса, °С	165
количество абсолютно сухой смолы КФ-МТ, мас.%	
от сухой стружки	13
количество сухого хлористого аммония, мас.% от	
абсолютно сухой смолы	1



Для получения ДСтП с физико-механическими показателями на уровне показателей контрольных плит нами были определены необходимые для этого значения параметров. Но при этом токсичность плит составляет 16 мг/100 г плиты, т.е. плиты соответствуют по токсичности классу Е 2.

Зависимость выделения формальдегида из ДСтП от температуры прессования

Условия получения ДСтП класса Е 1 и Е 2

Натуральное значение
параметра для плит
класса Е 1 класса Е 2

Расход, %:			
ОХА		3	
карбамида		10	
смолы	7		10
Количество щелока, %		5	
Температура прессования, °C	194		200

Полученные закономерности были подтверждены экспериментально. Выделение формальдегида из ДСтП, изготовленных по условиям для плит класса Е 1, составило по перфораторному методу 11 мг/100 г плиты.

Таким образом, получены адекватные уравнения регрессии, позволяющие прогнозировать свойства ДСтП в зависимости от значений технологических факторов: химического состава, расхода карбамидного связующего и температуры прессования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.А., Анохин А.Е. Пути снижения токсичности древесностружечных плит//Повышение эффективности производства древесных плит: Науч.тр./ВНИИдрев. М. 1986. С.24-29.
2. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. М.: Высшая школа, 1985. 326 с.
3. Разработка средств и методов снижения токсичности древесностружечных плит в процессе производства и эксплуатации: Отчет о НИР (заключит.)/Урал.лесотехн.ин-т(УЛТИ); Руководитель В.М.Балакин. № ГР 01840006861; Инв. № 02850023017. Свердловск, 1984. 108 с.
4. Васильев В.В., Комарова Е.Е. Исследование эмиссионного термогидролитического метода определения формальдегида, выделяющегося из древесностружечных плит//Технология древесных плит и пластиков: Межвуз.сб. Свердловск, 1987. С.42-45.